

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 09260743

PUBLICATION DATE : 03-10-97

APPLICATION DATE : 26-03-96

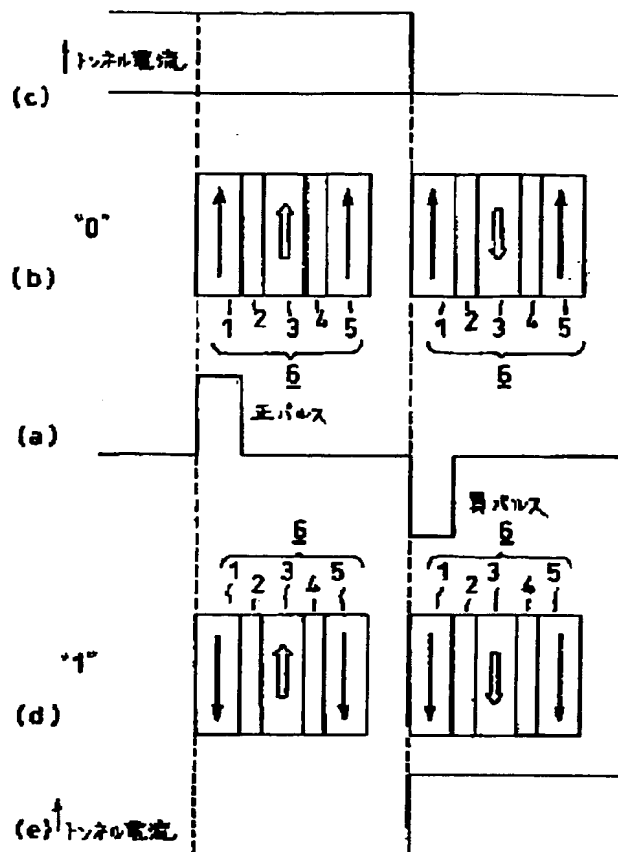
APPLICATION NUMBER : 08069581

APPLICANT : TOSHIBA CORP;

INVENTOR : INOMATA KOICHIRO;

INT.CL. : H01L 43/08 G01R 33/09 G11B 5/39  
H01F 10/08

TITLE : MAGNETORESISTANCE EFFECT  
ELEMENT AND METHOD FOR  
DETECTING MAGNETIC  
INFORMATION



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To record and read multi-values without destruction, by reducing the coercive force of one layer in first to third ferromagnetic conductive layers smaller than that of other layer.

SOLUTION: In a magnetic laminate 6, a first ferromagnetic conductive layer 1, first tunnel insulation layer 2, second ferromagnetic conductive layer 3, second tunnel insulating layer 4 and third ferromagnetic conductive layer 5 are sequentially laminated. In this case, the coercive force of the layer 3 is smaller than those of the layers 1, 5. Magnetic recording is conducted by magnetizing the layers 1, 5 in the same direction. The upward magnetizing state is '0', and the downward magnetizing state is '1'. The direction of magnetizing layer 3 is indefinite. However, the force of the layer 3 is smaller than those of the layers 1, 5. That is, only the magnetizing direction of the layer 3 is controlled.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-260743

(43) 公開日 平成9年(1997)10月3日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 43/08			H 0 1 L 43/08	Z
G 0 1 R 33/09			G 1 1 B 5/39	
G 1 1 B 5/39			H 0 1 F 10/08	
H 0 1 F 10/08			G 0 1 R 33/06	R

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平8-69581

(22) 出願日 平成8年(1996)3月26日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 岸 達也

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 猪俣 浩一郎

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

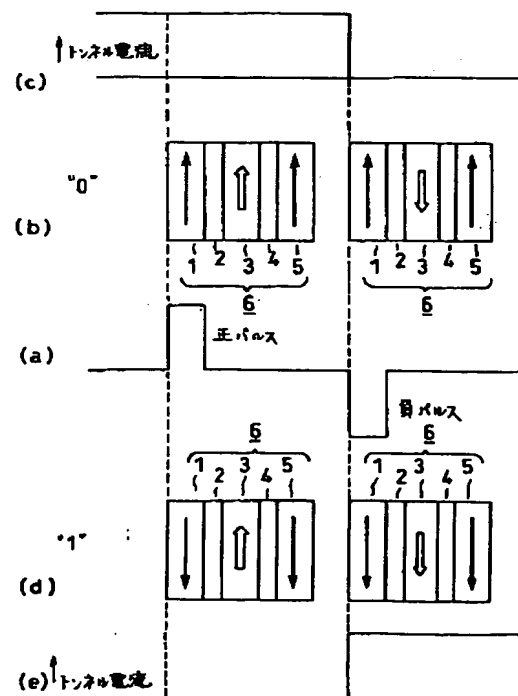
(74) 代理人 弁理士 外川 英明

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子及び磁気情報検出方法

(57) 【要約】

【課題】非破壊読み出し若しくは多値記録が可能な磁気抵抗効果素子の提供を目的とする。

【解決手段】トンネル絶縁膜を介して3層の強磁性導電層が形成され、中間の強磁性導電層の保磁力を小とし、これを選択的に反転させたときのトンネル電流で、外側の強磁性導電層の磁化状態を検出する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】第1の強磁性導電層と、第2の強磁性導電層と、第1及び第2の強磁性導電層の間に介在する第1のトンネル絶縁層と、第3の強磁性導電層と、第2及び第3の強磁性導電層の間に介在する第2のトンネル絶縁層とを具備した磁性積層体を有し、第1乃至第3の強磁性導電層の内の一層の保磁力が他の層の保磁力よりも小さいことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】他の層より保磁力の小さい前記強磁性導電層の磁化の向きを変化させたときの、磁性積層体のトンネル電流により他の強磁性導電層の磁化状態を検出することを特徴とする請求項1記載の磁性積層体の磁気情報検出方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は磁気抵抗効果素子及びこれを用いた磁気情報検出方法に関する。

【0002】

【従来の技術】1988年に、磁性体と非磁性金属を積層した金属人工格子膜において、巨大な磁気抵抗効果が現れることが発見され(Baibich 他、Phys. Rev. Lett. 61 (1988)2472頁～2475頁)、それ以来、この現象に関連した研究がさかんになされるようになってきた。

【0003】最近では、これらの巨大な磁気抵抗を示す人工格子膜を用いた様々な応用が研究されており、例えば、磁気センサーや記録素子としての応用研究があり、特に、高速かつ高密度で不揮発メモリとして利用したもの(MRAM)が注目されている。

【0004】また、トンネル絶縁膜を介して磁性層を積層した強磁性トンネル接合でも磁気抵抗効果がみだされている。例えば、FeとAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を用いた強磁性トンネル接合において両側のFe膜の保磁力が異なるように作成されている場合、磁化過程中に両側のFe膜の磁化が平行状態から反平行状態に変化し、トンネル抵抗が変化することで磁気抵抗効果が生じることが示されている(宮崎ら、Journal of Magnetism and Magnetic Materials 139(1995) L231-L234)。特にこの系では、室温においても20%以上の大きな磁気抵抗効果がある。

【0005】また、最近Moodera ら(Phys. Rev. Lett. 74(1995)3273 頁～3276頁)によりCoFe/A12O3/Coという組み合わせの強磁性トンネル接合においても接合の作成方法を改良することで、室温で10%以上の磁気抵抗が得られることが示されている。

【0006】このように、強磁性トンネル接合に関しても大きな磁気抵抗効果が得られるようになってきたが、これについての応用研究はいまだほとんどなされておらず、磁気センサーや情報記憶素子としての応用例はほとんど報告されていない。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】この様に強磁性トンネ

ル接合の磁気抵抗効果を用いた応用、特に記録素子としての応用は検討されてはいない状況にある。本発明は以上の点を考慮してなされたもので、強磁性トンネル接合を用いて、非破壊若しくは多値の記録/読出しが行なえる新規な磁気抵抗効果素子及び磁気情報検出方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、第1の強磁性導電層と、第2の強磁性導電層と、第1及び第2の強磁性導電層の間に介在する第1のトンネル絶縁層と、第3の強磁性導電層と、第2及び第3の強磁性導電層の間に介在する第2のトンネル絶縁層とを具備した磁性積層体を有し、第1乃至第3の強磁性導電層の内の一層の保磁力が他の層の保磁力よりも小さいこと、例えば、第2の強磁性導電層の保磁力が第1及び第3の強磁性導電層の保磁力よりも小さいことを特徴とする磁気抵抗効果素子である。

【0009】この様な磁気抵抗効果素子において、保磁力の小さい第2の強磁性導電層の磁化の向きを変化させたときの、磁性積層体のトンネル電流、若しくはこれにもとづく電圧により他の強磁性導電層の磁化状態を検出することを特徴とする磁気情報検出方法である。

【0010】

【発明の実施の形態】図1を用いて本発明の原理を説明する。磁性積層体(6)は、第1の強磁性導電層(1)、第1のトンネル絶縁層(2)、第2の強磁性導電層(3)、第2のトンネル絶縁層(4)及び第3の強磁性導電層(5)が順次積層された構造を採る。

【0011】ここでは第2の強磁性導電層が(3)の保磁力が、第1及び第3の強磁性導電層(1)(5)の保磁力より小さいものとする。磁気記録は第1及び第3の強磁性導電層(1)(5)を同じ方向に磁化することで行う。この図では上向きの磁化状態を“0”，下向きの磁化状態を“1”とする。

【0012】第2の強磁性導電層(3)の磁化の向きは不定である。ただし第2の強磁性導電層(3)の保磁力(H<sub>2</sub>)は第1及び第3の強磁性導電層の保磁力(H<sub>1</sub>, H<sub>3</sub>)よりも小とする。すなわちH<sub>1</sub>, H<sub>3</sub> > H<sub>2</sub>の磁化を印加することで中間に位置する第2の強磁性導電層(3)の磁化方向のみを制御することができる。

【0013】まず“0”の状態の読み出しである。電流磁界を用いて第2の強磁性導電層の磁化の向きを制御するものとする。すなわちこの磁性積層体に近接して導体格を設け、これに電流を流すことで磁界を印加するのである。正パルスを入れた場合は“0”と同方向に、負パルスを入れた場合は“1”と同方向に磁化の向きが定まるとする。

【0014】正パルスを入力する前の第2の強磁性導電層の磁化の向きは不定であるが、便宜上“0”と同方向

であるとする。なお必要に応じ正パルスを印加して初期状態を“0”の向きにしておいても良い。また逆でも良い。

【0015】正パルスを印加した場合、第1、第2及び第3の強磁性導電層の磁化は同方向となり、磁性積層体(6)にはトンネル電流が流れ易くなる。一方、負パルスを印加した場合は、第1及び第2の強磁性導電膜の磁化の向きは逆であり、また第2及び第3の強磁性導電膜の磁化の向きは逆である。従って磁性積層体にはトンネル電流が非常に流れ難くなる。

【0016】図1(a)には正負パルス印加のタイミングを示し、図1(b)は“0”の記録をもっている場合の磁化の向きを示し、それに伴い図1(c)はトンネル電流の大きさを示す。正パルスを印加した時はトンネル電流が流れ、負パルスを印加した時はトンネル電流が流れ難いことを示している。この図では正パルスと負パルス間を離しているが、連続させても良い。

【0017】同図では正負パルスがないときの第2の強磁性導電層の磁化の向きは直前にかけられたパルスの状態が保持されることにしているが、第1及び第3の強磁性導電層との静磁接合等の影響で反転する可能性もある。従って、正負パルス印加時のトンネル電流を検出すれば良い。なお、電圧検出を行えば図1(c)のチャートは逆になることは言うまでもない。

【0018】“1”の場合は“0”と逆で(図1(d)、(e))、トンネル電流が小から大に変化することになる。“0”、“1”の場合夫々正パルスを印加したときの磁性積層体(6)の両端に生じる電圧を基準とすれば、上述の例で電圧が上昇する場合(+ $\Delta V$ の変位)は“0”、下降する場合(- $\Delta V$ の変位)は“1”と判断できる。すなわち出力の絶対量ではなく変位の符号で“0”、“1”が判断でき、S/N比に優れた読出しが可能になる。

【0019】更に、この場合非破壊の読出しができる。図2に3値データ“0”(図2(b)(c))、“1”(図2(d)(e))、“2”(図2(f)(g))を再生する場合について説明する。

【0020】例えば、第1及び第3の強磁性導電層の磁化の向きが上向きの場合を“0”、下向きの場合を“2”、異なる場合を“1”とする。図1の例と同様に第2の強磁性導電層の磁化の向きは上向きを初期状態とする。図2(a)に外部磁場発生用の電流パルスの例を示し、図1と同様に同図(a)(e)(g)はタイミングをあわせて記載されている。

【0021】正パルスを印加して第2の強磁性導電層の磁化を上向きとした場合、“0”のときは第1乃至第3の強磁性導電層の磁化がそろうのでトンネル電流が流れ易くなり、出力電圧は低く( $V_L$ )、その他の場合は磁化がそろっていないのでトンネル電流が流れにくくなり、出力電圧は高く( $V_H$ )なる。

【0022】続いて負パルスを印加した場合、“2”のときは下向きに磁化がそろい $V_L$ となるが、その他は $V_H$ となる。従って、正負のパルスを加えた場合、 $V_L \rightarrow V_H$ となる場合が“0”、 $V_H \rightarrow V_H$ となる場合が“1”、 $V_H \rightarrow V_L$ となる場合が“2”と判断できる。

【0023】この様に多値記録も可能である。しかも、読み出し前後で第1及び第3の強磁性導電層のスピンへの向きは変わらず非破壊の読み出しができる。第3に4値データ“0”(図3(b)(c))、“1”(図3(d)(e))、“2”(図3(f)(g))、“3”(図3(h)(i))を再生する場合について説明する。

【0024】例えば、第1及び第3の強磁性導電層の磁化の向きが上向きの場合を“0”、下向きの場合を“3”、異なる場合を第1の強磁性層の磁化が上向きのとき“1”下向きのときを“2”とする。

【0025】図1の例と同様に第2の強磁性導電層の磁化の向きは上向きを初期状態とする。図3(a)に外部磁場発生用の電流パルスの例を示し、図2と同様に同図(a)(e)(g)(i)はタイミングをあわせて記載されている。

【0026】なお、図1、2の場合、 $H_1, H_3 > H$ (読み出し) $> H_2$ であったが、 $H_1 > H_3$ の関係を更に付加する。更に読み出し用として振幅小と大を用意し、 $H_1 > H$ (大) $> H_3 > H$ (小) $> H_2$ とする。

【0027】正パルス(振幅小)を印加して第2の強磁性導電層の磁化を上向きとした場合、“0”のときは第1乃至第3の強磁性導電層の磁化がそろうのでトンネル電流が流れ易くなり、出力電圧は低く( $V_L$ )、その他の場合は磁化がそろっていないのでトンネル電流が流れにくくなり、出力電圧は高く( $V_H$ )なる。

【0028】続いて負パルスを印加した場合、“4”のときは下向きに磁化がそろい $V_L$ となるが、その他は $V_H$ となる。更に正パルス(大)を印加すると第3の強磁性層は記録状態によらず上向きとなるので“2”“3”以外は $V_H$ となる。

【0029】従って、正(小)負正(大)のパルスを加えた場合、 $V_L \rightarrow V_H \rightarrow V_L$ となる場合が“0”、 $V_H \rightarrow V_H \rightarrow V_L$ となる場合が“1”、 $V_H \rightarrow V_H \rightarrow V_H$ が“2”、 $V_H \rightarrow V_L \rightarrow V_H$ となる場合が“3”と判断できる。

【0030】この様に破壊読出しではあるが4値記録も可能である。本発明素子は例えば以下の様にして作成される。強磁性層として、Fe、Co、Ni等の強磁性体やパーマロイ等の磁性合金、あるいは、ホイスラー合金等の半金属を用い、絶縁体層としてNiO、 $Al_2O_3$ などの酸化物を用いることができる。ここで、強磁性層の膜厚は1nmから500nmが好ましく、絶縁層の膜厚は1nmから40nmが好ましい。

【0031】接合の作成方法を、強磁性層としてFe、

絶縁体層として $Al_2O_3$ を用いた場合について説明すると以下になる。強磁性トンネル接合をガラス基板上に作成する。強磁性層はイオンビームスパッタ法により作成する。この際、チェンバ内を $1 \times 10^{-6}$ Torr以下の真空状態とした後、Arを $1 \times 10^{-4}$ Torr導入し、Arイオンの加速電圧を600Vとして製膜を行う。また、第1と第3の強磁性層の膜厚は100nm、第2の強磁性層の膜厚は50nmとして、第2の強磁性層の保磁力が第1と第3の強磁性層の保磁力より小さくなるようにした。絶縁体層は、Alをイオンビームスパッタ法により膜厚5nmから25nmに製膜し、大気中で24時間自然酸化させて $Al_2O_3$ を形成する。

【0032】このトンネル接合は次の特徴を持つ。強磁性層間は絶対層で区切られているため、強磁性層間の相互作用はほとんどないため、磁場応答の線形性がよく、また飽和磁場が小さく、典型的には $10^{-5}$ Tesla から $10^{-4}$ Tesla 程度の大きさを持つ。このため、ごく弱い磁場に対しても大きな磁気抵抗効果が期待でき、電流の変化の検出が容易となる。さらに本発明の場合は、強磁性層が3層とそれらの間を隔てる絶縁層2層から構成されているため、トンネル電流の検出がさらに容易になる。これは以下のように説明される。

【0033】一層の絶縁体によって分けられた2種の強磁性層からなる強磁性トンネル接合については、Slonczewskiにより理論的解析が行われている(Phys. Rev. B 39(1989)6995頁~7002頁)。これによると、トンネルコンダクタンス(G)は、絶縁体が無限に厚い極限では接合の透過係数に比例する。

【0034】すなわち、Gは $(1 + \epsilon \cos \theta)$ に比例する。 $\theta$ は二つの強磁性層の磁化のなす角度を表わし、 $\epsilon$ は物質に依存した定数であり、 $0 < \epsilon \leq 1$ の値をとる。

従って、強磁性層の磁化が平行の時( $\theta = 0$ )コンダクタンスが最大値をとり、反平行のとき( $\theta = \pi$ )最小値となる。ホイスラー合金などの半金属を用いた場合は $\epsilon = 1$ である。

【0035】本発明では、強磁性層が3層含まれており、二つのトンネル接合の組み合わせとなっている。全体の透過係数は、各トンネル接合の透過係数により表すことができ、特に、各トンネル接合の透過係数Tが小さい場合には、Tのトータルは $T^2$ に比例する。

【0036】従って、トンネル・コンダクタンス( $G_{total}$ )は $(1 + \epsilon \cos \theta)^2$ に比例することになる。従って3層の磁性層を有する方が磁場に関するコンダクタンスの微係数が大きくなるのがわかる。図4に $\epsilon = 1$ の場合に比例係数を正規化して示す。従って、磁場の変化に対するトンネル電流の変化の検出が容易になり、磁気センサーに適している。

【0037】さらに、第1と第3の強磁性層の磁化への外部磁場からの影響を小さくするために外側にFeMnのような反強磁性層を備えて、これらとの相互作用により第1と第3の強磁性層の磁化を固着することも考えられる。

【0038】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば強磁性トンネル接合を用いた新規な磁気抵抗効果素子を得ることができ、多値若しくは非破壊読出しが可能な磁気記録方式を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

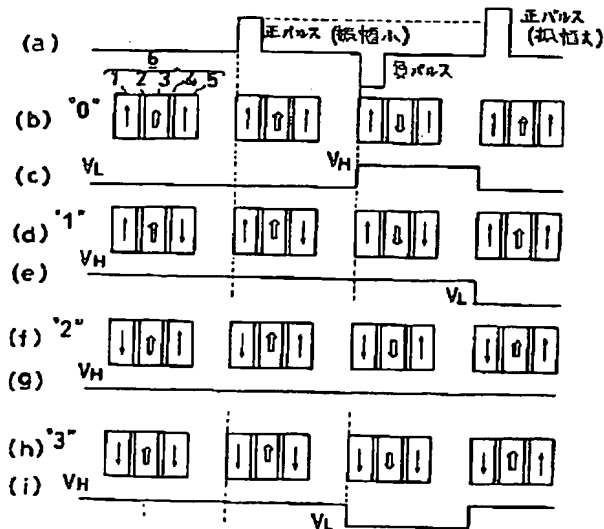
【図1】 本発明の概略図。

【図2】 本発明の概略図。

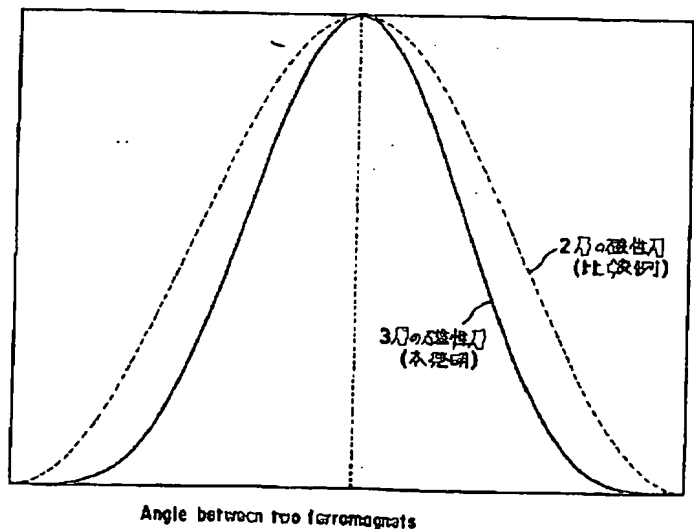
【図3】 本発明の概略図。

【図4】 本発明の特性図。

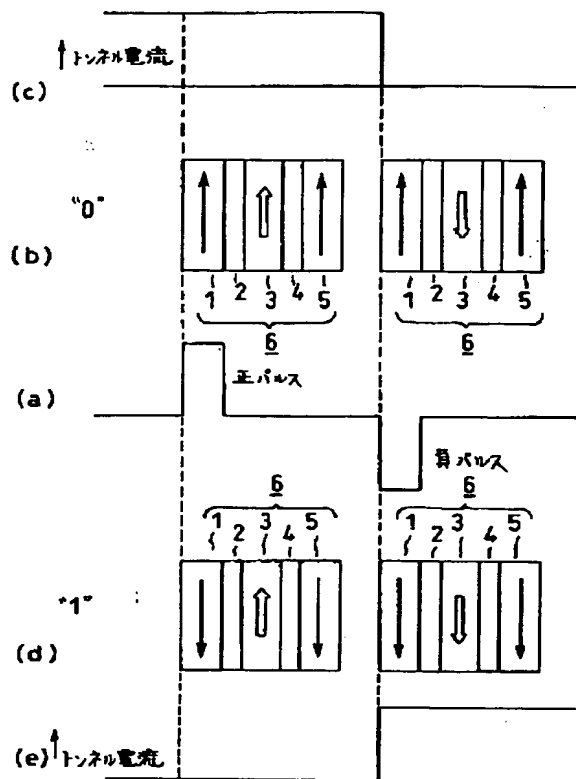
【図3】



【図4】



【図1】



【図2】

